

METHOD AND DEVICE FOR DEVELOPING ABLATION

Patent Number: JP8257770
Publication date: 1996-10-08
Inventor(s): SUZUKI KENKICHI; MATSUDA MASAOKI; OGINO TOSHIO
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP8257770
Application Number: JP19950060812 19950320
Priority Number(s):
IPC Classification: B23K26/00; B23K26/06; G02B5/20; G02F1/136; G03F7/36; H01L21/027
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To avoid damage to an optical system due to excimer laser and to perform a large area patterning.
CONSTITUTION: The light beam of excimer laser 1 is divided into multiple light beams for a small area so as to converge each light beam separately; the surface of an exposure mask 7 is uniformly irradiated with each converging point used as an illuminating light source; the image of the illuminating light source is formed in the incident pupil 9 of an image-forming lens 8, so that the image of the opening pattern of the exposure mask 7 is formed, one to one, on the limited area of a work placed on the image-forming face of the image-forming lens 8 and that the limited area is scanned over the entire area of the work. Thus, an ablation development is applied over the entire area of the work on which a pattern is developed and formed corresponding to the opening pattern of the exposure mask through the ablation phenomenon.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

H1 8436

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-257770

(43) 公開日 平成8年(1996)10月8日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00 26/06			B 2 3 K 26/00 26/06	A J C
G 0 2 B 5/20 G 0 2 F 1/136	1 0 1 5 0 0		G 0 2 B 5/20 G 0 2 F 1/136	1 0 1 5 0 0
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-60812

(22) 出願日 平成7年(1995)3月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 鈴木 堅吉

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立
製作所電子デバイス事業部内

(72) 発明者 松田 正昭

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立
製作所電子デバイス事業部内

(72) 発明者 荻野 利男

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立
製作所電子デバイス事業部内

(74) 代理人 弁理士 武 顕次郎

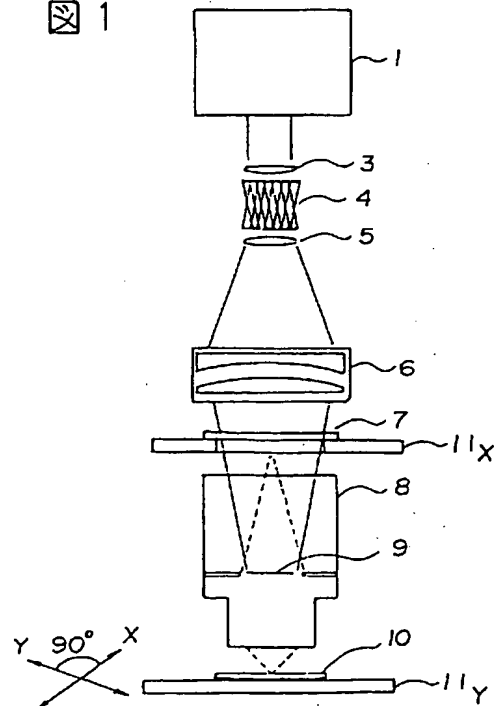
(54) 【発明の名称】 アブレーション現像方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 エキシマレーザーによる光学系のダメージを回避して大面積パターンニングを行う。

【構成】 エキシマレーザー 1 の光ビームを小面積の多数の光ビームに分割して前記各光ビームをそれぞれ集光し、各集光点を照明光源として露光マスク 7 の面を均一に照射し、結像レンズ 8 の入射瞳 9 に前記照明光源の像を形成して露光マスク 7 の開孔パターンを結像レンズ 8 の結像面に置かれた加工物の限定領域に対して一対一に結像すると共に、限定領域を加工物の全域に走査させることにより、加工物の全域にアブレーション現象による前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像を施す。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源として紫外光パルスレーザーを用い、前記紫外光パルスレーザーからの出力光ビームを所定の開孔パターンを有する露光マスクと結像レンズを介して結像面に置かれた加工物に照射して前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを露光と同時に現像形成するアブレーション現像方法であって、

前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを小面積の多数の光ビームに分割して前記各光ビームをそれぞれ集光し、前記各集光点を照明光源として前記露光マスクの面を均一に照射し、かつ、前記結像レンズの入射瞳に前記照明光源の像を形成して、前記露光マスクの開孔パターンを前記結像レンズの結像面に置かれた加工物の限定領域に対して一対一に結像すると共に、前記限定領域を前記加工物の全域に走査させることにより、前記加工物の全域にアブレーション現象による前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像を施すことを特徴とするアブレーション現像方法。

【請求項 2】紫外光パルスレーザーからなる光源からの出力光ビームを所定の開孔パターンを有する露光マスクと結像レンズを介してその結像面に置かれた加工物に照射し、前記加工物にアブレーション現象による前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像装置であって、

前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを小面積の光ビームに分割してそれぞれを集光するレンズアレーと、前記レンズアレーの集光点を照明光源として前記露光マスクの面を均一に照射し、かつ前記分割して得られた各集光点の像を結像レンズの入射瞳上に結像する照明光学系と、前記照明光学系で照明された前記露光マスクの像を加工物の限定領域に一対一で結像する結像レンズと、前記限定領域を前記加工物の全域に走査させるために前記加工物を前記露光マスクの平面と平行な面の 2 方向に移動させる X-Y ステージとを備え、前記限定領域を前記加工物の全域に走査させることにより、前記加工物の全域にアブレーション現象による前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像を施すことを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 3】請求項 2 において、前記照明光学系が、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを前記レンズアレーで小面積の光ビームに分割する以前に光軸に沿った平行ビームとなし、前記レンズアレーがそれぞれ偶数個のレンズからなる二組の分割レンズからなり、前記二組の各レンズは平行に入射した前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを分割して集光する第一のレンズと第二のレンズの各アレーを構成し、前記第一のレンズが作る焦点は前記第二のレンズとの中間に位置し、前記焦点から発散する光束は前記第二のレンズの対応するレンズ面

積内に完全に収まるごとく配置してなり、前記第一および第二のレンズの後段で前記露光マスク面の近傍に前記第二のレンズから出射した各光束を同一の面積に集光させる第三のレンズを設置し、前記露光マスクの面の近傍に前記第三のレンズによる集光面を前記露光マスク面に完全に一致させると同時に前記結像レンズの入射瞳上に前記分割レンズによる焦点アレーの像を結像させる第四のレンズを設けたことを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 4】請求項 3 において、前記照明光学系が、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームの断面を X-Y 座標平面としたとき、前記 X 軸と Y 軸に平行な各々独立の光学系により構成し、前記各光学系は前記 X 軸、Y 軸で形成される座標軸を円筒の軸とする円筒形レンズによって構成したことを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 5】請求項 2 において、前記露光マスクが、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームの波長に対する反射膜となる誘電体多層膜をパターン形成してなり、像面に設置した加工物と前記結像レンズの光軸上の一点に対して点对称となるように前記加工物と前記露光マスクの両者を移動させることを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 6】請求項 5 において、前記露光マスクへの照明領域を長方形とし、その長辺の長さを前記対称レンズの所定の解像度および像歪を満たす範囲とし、その短辺方向に前記露光マスクおよび前記加工物を連続的に移動させて前記加工物および前記露光マスクの端部に達した時点で照明面積の長手方向に前記露光マスクおよび前記加工物を移動させ、続いて前記短辺方向に連続的に移動させる走査を繰り返して前記加工物の全域をアブレーション加工することを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 7】請求項 6 において、前記露光マスク上への長方形の照明領域の長辺の端部でのエネルギー密度分布の立上りを短辺の端部より $50\mu\text{m}$ 以下となるように前記露光マスクの上部にナイフエッジによる長方形開孔パターンまたは誘電体多層膜の長方形開孔パターンにより調整された照明領域を持ち、かつ前記長方形開孔パターンの短辺が当該開孔パターン間の中間に位置することを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 8】請求項 2 において、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを水平方向とすると共に、前記露光マスクおよび前記加工物を保持する前記 X-Y ステージを水平方向として前記照明光を一回の 45 度反射のみで前記露光マスク面に入射させると共に前記露光マスクおよび前記加工物の中間に前記請求項 5 の結像レンズを配置したことを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 9】請求項 2 において、前記紫外光パルスレーザーからなる光源部と前記光源を除いた構成部分からな

るアブレーション現像部のそれぞれを、分離壁で独立させた清浄度が異なる部屋に設置すると共に、前記紫外光パルスレーザーからなる光源部から出射したレーザー光ビームを前記分離壁に設けた透過窓板を通して前記アブレーション現像部に導入する構成としたことを特徴とするアブレーション現像装置。

【請求項 10】請求項 9 において、前記紫外光パルスレーザーからなる光源部から出射したレーザー光ビームの前記アブレーション現像部を構成する光学系に対するずれを前記透過窓板の傾きに変換することにより補正することを特徴とするアブレーション現像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、紫外光パルスレーザー等の高エネルギー線による高精度のアブレーション加工法を用いたアブレーション現像方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】微細パターンの形成、例えば高密度集積回路（LSI）や薄膜トランジスタ（TFT）の加工における高精度レジストパターンの形成のための露光機として、従来から高圧水銀灯を光源としたものが主流となっている。

【0003】一方、回路基板への孔開けやインクジェットプリンター用の微小ノズルの加工等に紫外光パルスレーザー（以下、エキシマレーザーとも言う）のアブレーション現象を利用したものも知られている。

【0004】特に、TFT等のカラー液晶表示パネルを構成するカラーフィルタ基板を製造するために、透明基板に光吸収膜（MB、所謂ブラックマトリクス）や3色のカラーフィルタを形成する際のレジスト薄膜のパターンニングには、上記した露光機によるマスク露光と湿式現像法を用いた所謂フォトリソグラフィ技術が用いられている。

【0005】このような湿式現像法は工程数が多く、また現像液、洗浄用の水等を多量に必要とされるために、コスト高、かつ環境への影響が大きいという問題がある。

【0006】このような湿式現像法の問題を解消する方法の1つとして、前記したエキシマレーザーのアブレーション現象を利用することが考えられる。しかし、カラーフィルタ基板の形成の如き高精細度のパターン加工にエキシマレーザーのアブレーション現象を適用しようとしても、次のような問題があつて、実用化が困難であつた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】薄膜トランジスタ型液晶表示パネル（TFT-LCD）レベルの精度をもつ薄膜のパターン加工にエキシマレーザーのアブレーション現象を適用しようすると、装置構成、精度、加工面

積、加工時間等、種々の点において多くの問題を生じる。

【0008】すなわち、回路基板に孔開け等を行う加工では、その加工パターンは高々 $30\mu\text{m}\phi$ 程度の円形で、各々の中心間位置精度は $\pm 2\mu\text{m}$ 程度が要求されるが、円形の形状精度は $\pm 5\sim 10\mu\text{m}$ 程度は許容される。また、回路基板の絶縁層の厚みは $20\sim 50\mu\text{m}$ であり、従来のエキシマレーザーのアブレーションを利用する加工はLSIレベルの精度の加工とは異なる加工領域の範疇に属する技術である。

【0009】さらに、上記従来のエキシマレーザーのアブレーション現象を利用する加工は、加工対象である回路基板の全体構成に対する加工箇所の面積あるいは体積の比率は非常に小さいため、露光光量の利用率を如何に向上させるかが重要な事項であり、加工対象の形状や厚さに応じて独特な照明光学系が採用され、かつ結像は通常、縮小タイプが多い。

【0010】一方、TFT-LCDパネルは大面積に亘って微細な繰返しパターンを形成する必要があるため、上記したようなエキシマレーザーのアブレーション現象を利用する加工法をそのまま適用することはできない。

【0011】また、露光機の露光光源として単にエキシマレーザーを用いようとした場合、使用するエキシマレーザーの光エネルギー密度が低いため、高圧水銀灯を用いた従来の露光機の光学系の大幅な変更は必要ない。しかし、アブレーション現象を利用しようすると、LSI等のレジスト露光に比べて格段に高いエネルギー密度が必要なため、精度の点では既存の露光機の基本的思想を利用することはできるが、光学部品のダメージ対策を考慮した光学系が必要となる。

【0012】すなわち、TFTレベルの精度を必要とするアブレーション加工技術は、加工精度、エネルギー密度の観点から、従来の露光機に採用されている光学系をそのまま応用することが不可能であるという問題がある。

【0013】本発明は上記の諸問題を解消して紫外光パルスレーザーのアブレーション現象を利用して大面積かつ高精細度のパターン加工を可能とすることにあり、その第1の目的は高精度でかつエキシマレーザーによる光学系のダメージを回避してTFTレベルの露光、即ちレジスト現像を行うことのできるアブレーション現像方法を提供することにある。

【0014】また、本発明の第2の目的は紫外光パルスレーザーのアブレーション現象を利用して高精細度パターンを形成するアブレーション現像装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明は図1に示し下記に記載した構成とし

たことを特徴とする。

【0016】すなわち、(1) 光源として紫外光パルスレーザー 1 を用いて、前記紫外光パルスレーザー 1 から出力光ビームを所定の開孔パターンを有する露光マスク 7 と結像レンズ 8 を介して結像面に置かれた加工物 10 に照射して前記露光マスク 7 の開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像方法であって、前記紫外光パルスレーザー 1 の出力光ビームを小面積の多数の光ビームに分割して前記各光ビームをそれぞれ集光し、前記各集光点を照明光源として前記露光マスク 7 の面を均一に照射し、かつ、前記結像レンズ 8 の入射瞳 9 に前記照明光源の像を形成して、前記露光マスク 7 の開孔パターンを前記結像レンズ 8 の結像面に置かれた加工物の限定領域に対して一対一に結像すると共に、前記限定領域を前記加工物の全域に走査させることにより、前記加工物の全域にアブレーション現象による前記露光マスクの開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像を施すことを特徴とする。

【0017】また、(2) 紫外光パルスレーザー 1 からなる光源からの出力光ビームを所定の開孔パターンを有する露光マスク 7 と結像レンズ 8 を介してその結像面に置かれた加工物に照射し、前記加工物にアブレーション現象による前記露光マスク 7 の開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像装置であって、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを小面積の光ビームに分割してそれぞれを集光するレンズアレー 4 と、前記レンズアレー 4 の集光点を照明光源として前記露光マスク 7 の面を均一に照射する照明光学系 6 と、前記照明光学系 6 で照明された前記露光マスク 7 の像を加工物 10 の限定領域に一対一で結像する入射瞳 9 を有する結像レンズ 8 と、前記限定領域を前記加工物の全域に走査させるために前記露光マスク 7 および前記加工物 10 を前記露光マスク 7 の平面と平行な面の 2 方向に移動させる X-Y テーブル 11X, 11Y とを備え、前記限定領域を前記加工物 10 の全域に走査させることにより、前記加工物 10 の全域にアブレーション現象による前記露光マスク 7 の開孔パターンに対応したパターンを現像形成するアブレーション現像を施すことを特徴とする。なお、上記 X-Y テーブル 11X, 11Y は、一方のテーブル 11X を露光マスク移動用に、他方のテーブル 11Y を加工物移動用として、両者を相対的に一方方向（例えば、X 方向）と前記一方方向と直交する他方向（例えば、Y 方向）に移動させる構成とするのが望ましい。

【0018】(3) 前記(2)における前記照明光学系が、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを前記レンズアレー 4 で小面積の光ビームに分割する以前に光軸に沿った平行ビームとするためのレンズ 3 を備え、前記レンズアレー 4 がそれぞれ偶数個のレンズからなる二組の分割レンズからなり、前記二組の各レンズは平行に入

射した前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを分割して集光する第一のレンズと第二のレンズの各アレーを構成し、前記第一のレンズが作る焦点は前記第二のレンズとの中間に位置し、前記焦点から発散する光束は前記第二のレンズの対応するレンズ面積内に完全に収まるごとく配置してなり、前記第一および第二のレンズの後段で前記露光マスク面の近傍に前記第二のレンズから出射した各光束を同一の面積に集光させる第三のレンズ 5 を設置し、前記露光マスクの面の近傍に前記第三のレンズによる集光面を前記露光マスク面に完全に一致させると同時に前記結像レンズの入射瞳上に前記分割レンズによる焦点アレーの像を結像させる第四のレンズ 6 を設けたことを特徴とする。

【0019】(4) 前記(3)における照明光学系が、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームの断面を X-Y 座標平面としたとき、前記 X 軸と Y 軸に平行な各々独立の光学系により構成し、前記各光学系は前記 X 軸、Y 軸で形成される座標軸を円筒の軸とする円筒形レンズによって構成したことを特徴とする。

【0020】(5) 前記(4)における X 軸、Y 軸の各光学系を構成する前記第四のレンズを非球面の単一レンズとしたことを特徴とする。

【0021】(6) 前記(2)における結像レンズが、レンズ内で光束が最も絞られる箇所が中空となるように構成したテレセントリック対称形レンズとしたことを特徴とする。

【0022】(7) 前記(2)における露光マスクが、前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームの波長に対する反射膜となる誘電体多層膜をパターン形成してなり、像面に設置した加工物と前記結像レンズの光軸上の一点に対して点对称となるように前記加工物と前記露光マスクの両者を移動させることを特徴とする。

【0023】(8) 前記(7)における露光マスクへの照明領域を長方形とし、その長辺の長さを前記(6)における前記対称レンズの所定の解像度および像歪を満たす範囲とし、その短辺方向に前記露光マスクおよび前記加工物を連続的に移動させて前記加工物および前記露光マスクの端部に達した時点で照明面積の長手方向に前記露光マスクおよび前記露光マスクを移動させ、続いて前記短辺方向に連続的に移動させる走査を繰り返して前記加工物の全域をアブレーション加工することを特徴とする。

【0024】(9) 前記(8)における前記露光マスク上への長方形の照明領域の長辺の端部でのエネルギー密度分布の立上りを短辺の端部より $50\mu\text{m}$ 以下となるように前記露光マスクの上部にナイフエッジによる長方形開孔パターンまたは誘電体多層膜の長方形開孔パターンにより調整された照明領域を持ち、かつ前記長方形開孔パターンの短辺が当該開孔パターン間の中間に位置することを特徴とする。

【0025】(10)前記(2)における前記紫外光パルスレーザーの出力光ビームを水平方向とすると共に、前記露光マスクおよび前記加工物を保持する前記X-Yステージを水平方向として前記照明光を一回の45度反射のみで前記露光マスク面に入射させると共に前記露光マスクおよび前記加工物の中間に前記(6)の結像レンズを配置したことを特徴とする。

【0026】(11)前記(10)において前記(2)および(3)の照明光学系の第四のレンズを45度反射ミラーの後段でかつ前記露光マスクの直前に配置したことを特徴とする。

【0027】(12)前記(10)において、前記紫外光パルスレーザーからなる光源部と前記光源を除いた構成部分からなるアブレーション現像部のそれぞれを、分離壁で独立させた清浄度が異なる部屋に設置すると共に、前記紫外光パルスレーザーからなる光源部から出射したレーザー光ビームを前記分離壁に設けた透過窓板を通して前記アブレーション現像部に導入する構成としたことを特徴とする。

【0028】(13)前記(12)における前記紫外光パルスレーザーからなる光源部と前記光源を除いた構成部分からなるアブレーション現像部の各部を防振床に設置したことを特徴とする。

【0029】(14)前記(12)における前記紫外光パルスレーザーからなる光源部から出射したレーザー光ビームの前記アブレーション現像部を構成する光学系に対するずれを前記透過窓板の傾きに変換することにより補正することを特徴とする。前記各構成とした方法および装置は、特に、TFT等のカラー液晶表示パネルを構成するカラーフィルタ基板の光吸収膜(BM、所謂ブラックマトリクス)や3色のカラーフィルタを形成する際のカラーフィルタ薄膜のパターンニング及びTFT各層のレジストのパターンニングに好適である。

【0030】

【作用】本発明は紫外光パルスレーザー(エキシマレーザー)のアブレーション現象を利用して、特に、TFT等のカラー液晶表示パネルを構成するカラーフィルタ基板の光吸収膜(MB、所謂ブラックマトリクス)や3色のカラーフィルタを形成する際のレジスト薄膜のパターンニング及びTFT各層のレジストのパターンニング等の高精細度パターン加工を行うものである。

【0031】まず、アブレーション現象を利用した現像の原理について説明する。

【0032】ここで、アブレーションとは、高いエネルギー密度を持つ紫外エキシマレーザー光(以下、単にエキシマ光とも言う)を物質に照射したときに、光の当たった部分の物質が光分解して飛散する現象を言う。

【0033】したがって、開孔パターンを形成した露光マスクを介してエキシマ光を物質に結像するように照射すると、物質には露光マスクの開孔パターン通りのパタ

ーンが形成されることになる。

【0034】可視光波長以上の波長を持つレーザー光を照射したときの物質の分解は、主として熱過程によって起こるが、エキシマ光の場合は、特に多くの有機物に対しては化学結合を直接切断する非熱過程により分解する。

【0035】アブレーション現象を利用した現像(アブレーション現像)は、このような非熱的光分解を利用してレジスト等にパターンを形成するものであり、従来のホトリソグラフィーでの露光、現像の二つの工程を露光工程のみで完了する加工方法である。

【0036】上記の原理説明から明らかなように、アブレーション現像を行う装置は本質的に露光機であり、露光マスクのパターンを所要の精度でレジスト膜上に結像するという光学系の原理はアブレーション現像機の場合も変わらない。

【0037】露光機の光学系の基本的な条件は、結像面の光強度分布が均一であることと、結像パターンの要求精度を満たすことである。この条件に対して、露光機の光学系は照明光学系と結像レンズ系の二つの部分に分けられ、前者は主として均一照明を、後者は結像性能を決定する。

【0038】図10は高圧水銀灯を光源とする縮小投影露光機の光学系の原理を説明する模式図であって、光源1'からの光を反射鏡2'、レンズ3'等を用いて集光し、インテグレートレンズ4'に入射させる。

【0039】インテグレートレンズ4'は多数のロッド状レンズから構成されており、各ロッド状レンズの出射面で光が集光される。すなわち、出射面上に分割された二次光源(照明光源)が形成される。これらの二次光源をレンズ5およびコンデンサーレンズ6により均一に露光マスク7'を照明する。コンデンサーレンズ6は結像レンズ8'の入射瞳9上にインテグレートレンズ4'の集光点光源の像を作る。

【0040】このような構成の下で、結像レンズ8'は像面10'に露光マスク7'の開孔パターンの像を形成する。

【0041】なお、露光マスク7'の面および像面10'はX-Yステージで互いに直交する方向に移動して像面10'の所要とする全領域が露光マスク7'の開孔パターンで走査される。

【0042】例えば、LSIパターンの微細化のために露光機の光源としてエキシマレーザーを用いる場合の光学系は基本的に上記の光学系と同じである。最も標準的な1:5ステッパーを例にとると、ウエハー上に必要な光エネルギー密度は通常140mJ/cm²程度である。したがって、レクチル上では1/25のエネルギー密度となり、エキシマ光による光学部品のダメージは考慮しなくても良い。

【0043】一方、アブレーション現像をTFT-LC

Dの各種薄膜パターンの形成に適用する場合、液晶パネルは大面積であるため、1:1(一対一)の結像レンズを用いることになる。この時、被加工基板(加工物)上のエネルギー密度は、アブレーションレジスト材によるが、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上は必要である。

【0044】ただし、この場合はレクチル上およびその他の光学部品に同等またはそれ以上のエネルギー密度が通過することになり、集光部に光学部品が置かれるような配置は避けなければならない。

【0045】図10に示した光学系において集光する部分はインテグレート射出部分と結像レンズの入射瞳部分である。本発明の目的の一つはこのような光学部品上またはその内部の集光を防止することにある。

【0046】図11はレンズアレーによるレーザー光の分割を説明する原理図であって、一対のレンズアレー4a、4bに平行化された光ビーム3aを入射させ、光ビーム面積の分割を行うと共に、集光部をレンズアレー4a、4bの間の空間に位置させることによって、光学部品(レンズアレー4a、4b)のダメージを防ぐようにしている。

【0047】図12はアブレーション現像機の照明光学系の原理図であって、レンズアレー4a、4bによる図2で説明した光源の分割に続いて、レンズ5aとレンズ6aによってレンズアレー4bから入射する各光束は露光マスク7aの面に均一な照明を行うと共に、結像レンズの入射瞳9a上に結像される。

【0048】一般に、エキシマレーザー光ビームのエネルギー空間分布、すなわち光ビームのビームプロファイルはガウス分布に近い分布を示す。

【0049】図13は露光マスクの照明光の均一化の説明図であって、同図(a)に示すように分布の中心すなわちビームの光軸に対して対称かつ分割部がほぼ直線になるように分割すると、集光レンズによってレクチル面では同図(b)に示すように対称に重なり合っただ様な分布を実現できる。すなわち、中心軸に対して対称なビームプロファイルの場合、図11のレンズアレーの数は偶数でかつ光軸はその中心を通る構成とすることが有利である。

【0050】また、一般に、エキシマレーザー光のビームプロファイルは正方形でなく、かつレクチルへの照射面積も正方形とは限らないので、前記図11に示した分割用のレンズは単純な球面レンズではない。すなわち、レクチル上の照明形状、結像レンズの入射瞳の位置およびレーザー光源と露光マスクの距離によって、図12に示した照明系レンズ4~6の形状が決定される。

【0051】特に、レクチル面の照明光の形状が長方形の場合、照明光学系を各々独立な直交する光学系に分割することができる。この場合、個々のレンズとして円筒形もレンズを用いることによりコストが低減されると共に、調整が簡単になる。

【0052】ただし、図12に示したレンズ6aは露光マスク面上に必然的に近くなるので、上記したように直交光学系で分離された二つのレンズを一つに纏めた方が便利なる場合もある。

【0053】さらに、 248nm 以下の波長を用いると、紫外光と雰囲気物質の相互作用によって生じた物質がレンズ面に付着して透過率を落とす場合がある。これを避けるためには、照明光学系を窒素雰囲気等の容器に収納することが有効である。

【0054】この様に、レンズの点数をできるだけ少なくした方がよい。この点はコストパフォーマンスから決定されるべきである。

【0055】エキシマレーザー光の集光が光学部品に当たらない様にする、結像レンズの構造にも制限が出てくる。一対一(1:1)のエキシマレーザー光用結像レンズとして従来から検討されている方式は、オフナー(Offner)、ウエイン・ダイソン(Wynne-Dyson)、テレセントリック対称型レンズ等があるが、前二者は反射、屈折系の組合せで構造が複雑な上に、反射面に集光する形式であり、アブレーション用には適切でない。一方、対称型レンズは構造が簡単で、かつ集光面は空間中にあるため構成レンズのダメージがない。ただし、対称型レンズの場合、大口径化しようとするとコスト高となり、大面積のパターン形成を行うための方法が問題になる。

【0056】本発明では、大面積のパターン形成の方法として、一対一の露光マスクと対称レンズおよび長方形照明を用いて、露光マスクとカラーフィルタ基板等の加工物を相対的に移動させて走査する方式としたものである。

【0057】図2はアブレーション現像機の走査方式を説明する模式図であって、照明領域10aが固定された露光マスクと加工物(基板)の上を移動すると考え、走査は移動方向を交互に変えるか、また同一方向に移動させるかの何れでもよい。ただし、前者の方が加工時間が短くなる。

【0058】このような走査方式での本質的な問題は、照明光の重なり領域である。この重なりが僅かにずれても、照明領域の長さが長いと目視でも明らかに視認できることは言うまでもない。この重なり領域における走査における機械的な変動と光学系による像歪の二つの要因が考えられる。

【0059】前者については、高精度のX-Yステージによって対策することが可能であるが、後者については収差のないレンズを作ることが困難であることから、他の対策を施す必要がある。

【0060】図3はアブレーション現像機の走査における照明領域の位置設定例の説明図であって、露光マスク7の直上にナイフエッジ12を置いて、その端部が繰返しパターン7bの丁度中間に位置するように設定した

ものである。

【0061】これによって、入射光7aの端部は繰り返しパターン7bで重なるため、重なりにならずれがあっても処理したパターンに影響を与えない。

【0062】なお、上記ナイフエッジに代えて帯状パターンを持つ露光マスクを用いてもよい。

【0063】端部のぼけは、幾何光学では物体位置のずれと結像レンズの焦点深度等に依存する。ただし、結像レンズをテレセントリックにしておくと、像の大きさは変わらず、ただ端部がぼけるだけである。このぼけ量は、第一近似で、 $bNA\delta_a / (fa)$ で与えられる。ここで、aは物体点距離、bは像点距離、fは焦点距離、NAはレンズのN.A.、 δ_a はナイフエッジ等の露光マスク面からのずれ量である。

【0064】1:1のレンズでは、 $b/a=1$ であるから、上式は $NA\delta_a / f$ となり、一例として $NA=0.1$ 、 $\delta_a=10\text{mm}$ 、 $f=200\text{mm}$ とすると、ぼけ量は $5\mu\text{m}$ となる。

【0065】ナイフエッジ等の設定における機械的な精度は μm オーダーで可能であるから、TFTレベルのパターン精度と繰り返しパターン形状の場合、ナイフエッジ等をパターン感光体に設定することは十分に可能である。

【0066】上記の方法によって、照明領域のパターン領域での重ね合わせが無いとしても、結像レンズの周辺での収差が大幅に異なると、線状のパターンが目視で認識される。したがって、少なくともレンズ口径での一方向の特に周辺部の収差が同一の形状を示すことが重要である。

【0067】図4はエキシマレーザー光源部と現像光学系を分離壁で独立させた清浄度が異なる部屋に設置したアブレーション現像装置の全体構成の説明図であって、エキシマレーザー（紫外光パルスレーザー）からなる光源部20から出射したレーザー光ビームを分離壁21に設けた透過窓板24を通してアブレーション現像部22に導入する所謂スルーザウォール構成としたアブレーション現像機である。

【0068】同図に示したように、光源部20と露光光学系を含む現像部22を分離し、光源部20から出射したレーザー光ビームを透過窓板24を通してアブレーション現像部22に導入する。

【0069】このとき、レーザー光のエネルギーの減少を防ぐため、図示したようにミラーによる反射は一回のみとした方が望ましい。

【0070】また、振動を防止するために、光源部20と現像部22を防振台23上に設置している。

【0071】また、上記の防振台23に加えて、あるいは防振台に代えて、透過窓板24をレーザー光ビームと照明光学系22aや結像光学系22bを含む現像光学系の相対的な振動に対応して傾けることにより、振動に起

因するレーザー光ビームのずれを補正するように構成することができる。

【0072】図5はレーザー光ビームが通過する透過窓板を傾斜させることによって光軸を平行移動させるずれ補正方法の説明図であって、透過窓板24の厚みをD、屈折率をn、透過窓板の傾きを θ としたとき、レーザー光ビームのずれ量dは $D\theta(1-1/n)$ となる。

【0073】レーザー光源からの相対的な光ビームのずれのうち、照明領域の長手方向のずれが本質的であるので、実用上これのみを対策すればよい。すなわち、この方向のずれ成分のみを掲出し、サーボ機構により透過窓板24の傾きを変えることで上記したずれを補正できる。

【0074】以上の説明および前記本発明の各構成によって、紫外光パルスレーザーのアブレーション現象を利用した大面積かつ高精細度のパターン加工が可能となる。

【0075】

【実施例】以下、本発明の実施例につき、図面を参照してさらに具体的に説明する。

【0076】〔実施例1〕図6は本発明の第1実施例を説明するためのアブレーション現像機の露光光学系の構成の模式図であって、図1と同一部分には同一符号を付してある。

【0077】本実施例では、光源としてKrF（波長248nm）を用い、繰り返し周波数250Hz、出力エネルギー600mJ/cm²のエキシマレーザーを用いる。露光光学系は同図に示したようなレンズ系の配置とし、その照明レンズ系はスリット状の照明光とするために、X方向とY方向のそれぞれ独立した系とした。照明光学系は前記図12に示したとおりであり、4X、4Yは各々X方向のレンズ4、Y方向のレンズ4を表す。以下、4X'、4Y'、5Y、5Y、6X、6Yについても同様である。

【0078】また、図7は光源の分割に用いる円筒形レンズのX方向とY方向の配置例を説明する模式図である。

【0079】同図において、(a)はX軸方向の円筒レンズ、(b)はY方向の円筒レンズの各配置方向を示し、(a)と(b)は直交して配置される。これらのレンズ4Xと4Yの接着は光学コンタクトによる。エネルギーの損失を少なくするために、レンズは全て99%以上の透過率を保證する様、ARコーティングを施してある。

【0080】この照明光学系によって、露光マスク面での最大照明面積は80mm×2mmである。この面積内のエネルギー密度の分布は±5%以下である。照明光のスリットの長さはブレードによって調節するが、端部のエネルギー分布の立上りは20μmである。

【0081】露光マスクはSiO₂とHfO₂の1/4

λ膜をRIEによりパターン形成したものをを用いる。この露光マスクの基板の大きさは300×225mmで、厚さは5mmである。

【0082】図8は露光マスクの開孔パターンの一例としての液晶パネルのカラーフィルタ基板に形成するBMパターンの一例とスリット照明とするためのブレードの配置関係の説明図である。

【0083】BMパターン現像のための露光マスク7に形成した開孔パターンの開孔部7cのピッチは0.33×0.11で、照明領域の長辺を52.8mmにとり、ブレード12の端部12aが開孔パターン7cの長手方向の最小幅内に収まるように当該ブレード位置を調整する。上記の最小幅は72μmあり、ブレード位置の調整は容易である。

【0084】なお、BM材としてはポリイミド系高分子を主体とする母体にカーボンブラックを分散したものをを用いる。この材料のアブレーションレートは、300mJ/cm²の入力に対して0.1μm/ショットである。

【0085】また、塗布膜厚は1.2μmでサイト当たり（単位現像領域当たり）15ショットを加えた場合、アブレーションの実質時間は19秒、横方向のサイト移動、露光マスクのアライメント等に要する時間を加えて約30秒で10.4インチのディスプレイ用カラーフィルタ基板のBMを加工することができる。

【0086】【実施例2】図9は本発明の第2実施例を説明するためのカラーフィルタのアブレーション現像によるパターンニングの模式図である。

【0087】本実施例は、前記実施例と同一の装置構成を用い、前記図3に示した露光マスクを用いて縦ストライプ状のカラーフィルタR、G、Bの各カラーフィルタをアブレーション現像を行うものである。

【0088】同図において、13は液晶パネルのカラーフィルタ基板、14aは第1色のカラーフィルタ、14bは第2色のカラーフィルタ用レジスト層である。

【0089】このカラーフィルタの形成の際、ブレード12で設定する照明領域スリットの長さを70.4mmとし、ブレード12の端部が露光マスク7の遮光部7aにかかるように位置づけてエキシマレーザーからの入射光7aを照射して第1色のカラーフィルタ14aをアブレーション現像する。

【0090】その後、第2色のカラーフィルタ用レジスト層14bを塗布し、露光マスク7をフィルタピッチ分移動させてアブレーション現像を行う。以下、同様にして第3色のカラーフィルタを現像して液晶パネル用カラーフィルタを形成する。なお、ここでは、BMは省略してある。

【0091】これにより、乾式方式で液晶パネルのカラーフィルタ基板に3色のカラーフィルタを形成できる。

【0092】【実施例3】本実施例は、前記実施例1の

アブレーション現像機を用い、またポリイミド系のアブレーション用レジスト材を用いてTFT基板の各層に対するレジストパターンを形成し、エッチングと上記レジストのエキシマレーザー光によるアブレーション現像による剥離によって各層のパターンを形成する。

【0093】これにより、液晶パネルのTFT基板に所要のTFT層を形成できる。

【0094】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、液晶パネルのカラーフィルタ基板またはTFT基板をアブレーション現像によって形成することができる。

【0095】エキシマレーザー光を用いるアブレーション現像は、従来のフォトリソグラフィ技術の露光と現像を一つのプロセスに結合したものであり、大面積かつ高精細度のパターン加工を可能とすると共に、照明・結像光学系のダメージを防止し、かつ量産に適しているため、TFT-LCD等の高精細加工物の製造コストを低下でき、環境への影響も大幅に低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるアブレーション現像機の基本構成を説明する模式図である。

【図2】本発明によるアブレーション現像機の走査方式を説明する模式図である。

【図3】アブレーション現像機の走査における照明領域の位置設定例の説明図である。

【図4】エキシマレーザー光源部と現像光学系を分離壁で独立させた清浄度が異なる部屋に設置したアブレーション現像装置の全体構成の説明図である。

【図5】レーザー光ビームが通過する透過窓板を傾斜させることによって光軸を平行移動させるずれ補正方法の説明図である。

【図6】本発明の第1実施例を説明するためのアブレーション現像機の露光光学系の構成の模式図である。

【図7】光源の分割に用いる円筒形レンズのX方向とY方向の配置例を説明する模式図である。

【図8】露光マスクの開孔パターンの一例としての液晶パネルのカラーフィルタ基板に形成するBMパターンの一例とスリット照明とするためのブレードの配置関係の説明図である。

【図9】本発明の第2実施例を説明するためのカラーフィルタのアブレーション現像によるパターンニングの模式図である。

【図10】高圧水銀灯を光源とする縮小投影露光機の光学系の原理を説明する模式図である。

【図11】レンズアレイによるレーザー光の分割を説明する原理図である。

【図12】アブレーション現像機の照明光学系の原理図である。

【図13】露光マスクの照明光の均一化の説明図であ

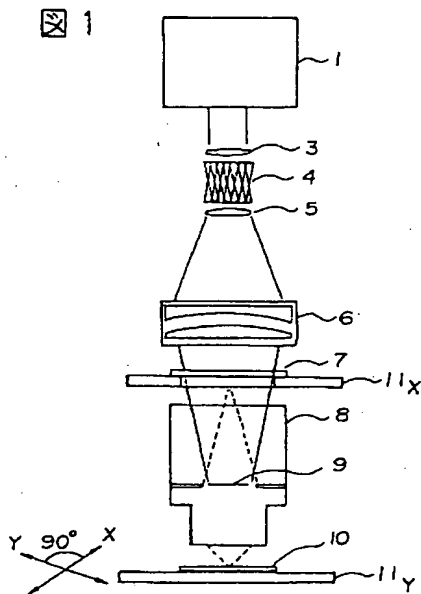
る。

【符号の説明】

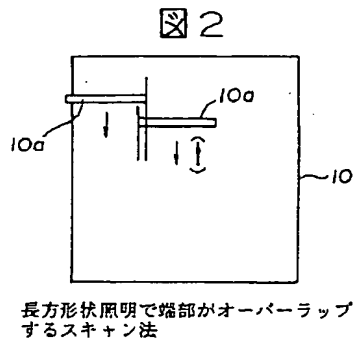
- 1 紫外光パルスレーザー
- 3, 5 レンズ
- 4 分割レンズ
- 6 コンデンサレンズ
- 7 露光マスク
- 8 結像レンズ
- 9 入射瞳
- 10 加工物

- 11 X-Yステージ
- 12 ブレード
- 20 エキシマレーザー光源部
- 21 分離壁
- 22 現像光学系
- 22a 照明光学系
- 22b 結像光学系
- 23 防振台
- 24 ずれ補正窓。

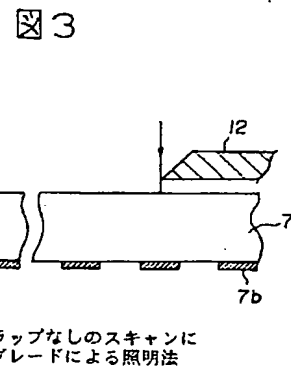
【図1】



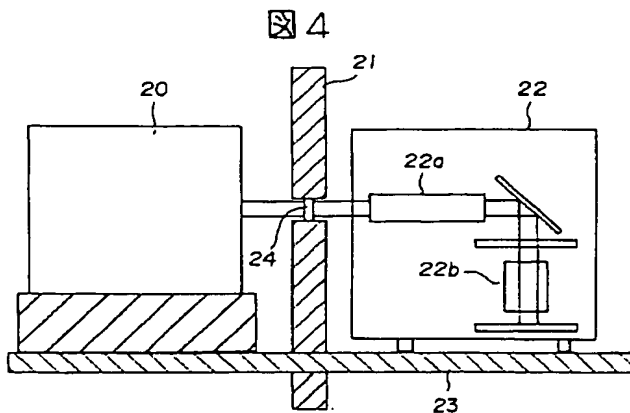
【図2】



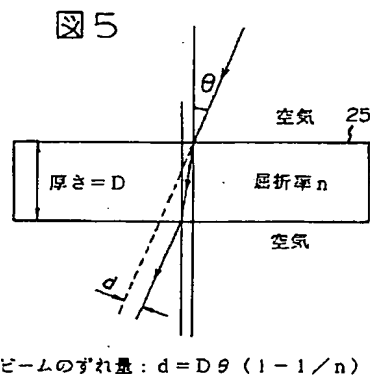
【図3】



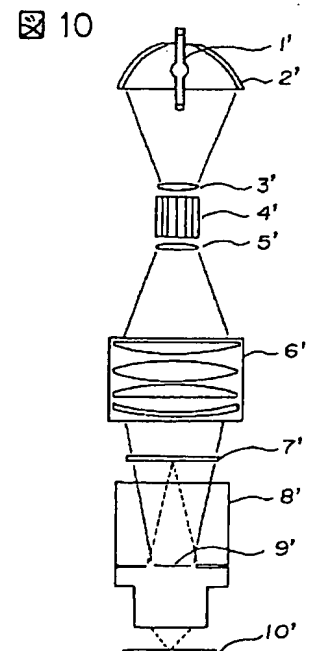
【図4】



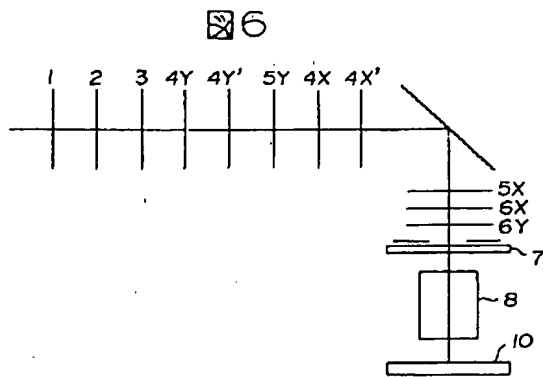
【図5】



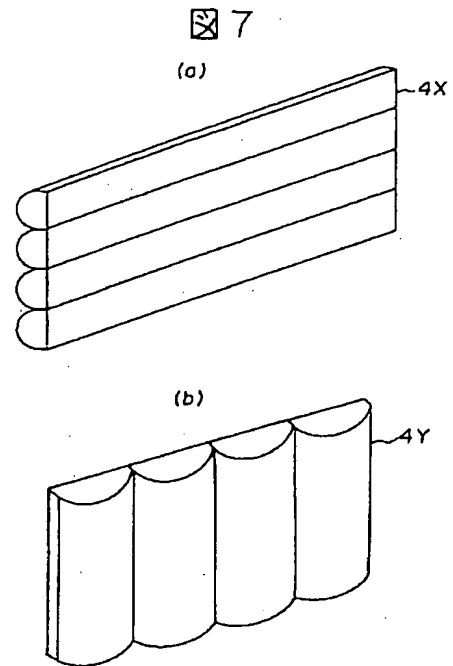
【図10】



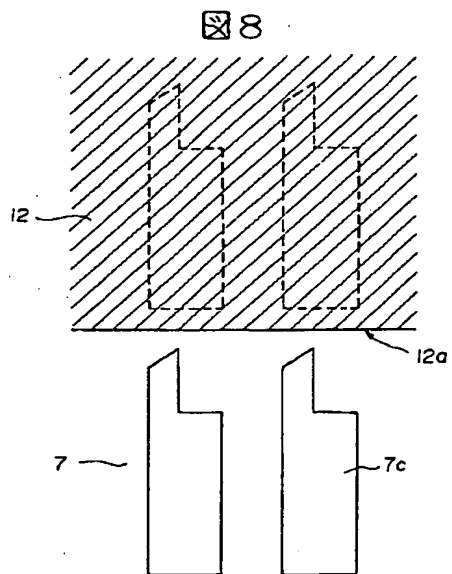
【図6】



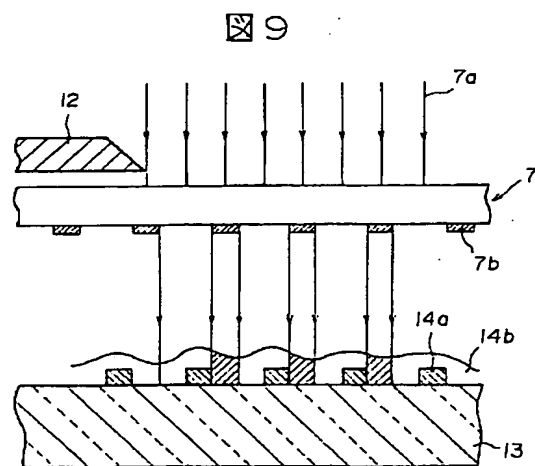
【図7】



【図8】

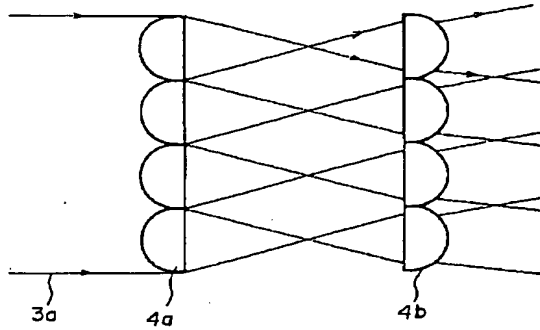


【図9】



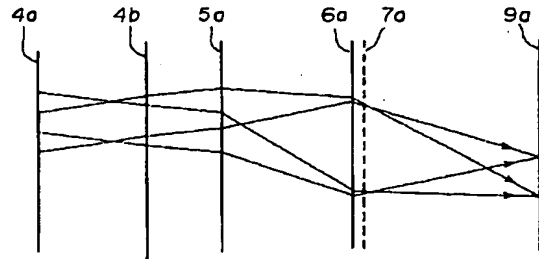
【図 11】

図 11



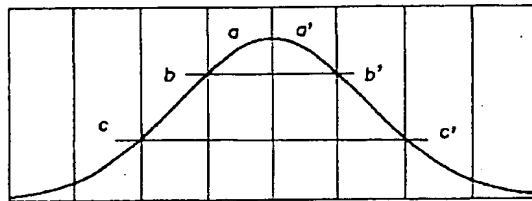
【図 12】

図 12

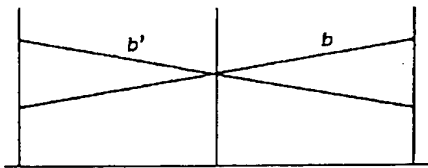


【図 13】

図 13



(a) ビーム分割 (1次元)



(b) コンデンサーレンズによる均一化

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 3 F 7/36

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 3 F 7/36

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 6 9 F

5 6 9 H